



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL PARA A ELABORAÇÃO DO MAPA SÍNTESE DE UNIDADES DE PAISAGEM COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE ARARAS-SP

Thiago Silva Forte ¹
Andréia Medinilha Pancher ²

RESUMO

Este estudo delinea um diagnóstico cartográfico ambiental do município de Araras-SP, visando subsidiar o planejamento territorial. A fundamentação teórico-metodológica ancora-se na Cartografia de Paisagens e nos geossistemas de Sothava (1968), enfatizando a abordagem sistêmica para análise espacial. As etapas metodológicas foram subsidiadas pela Cartografia e pelas Geotecnologias, destacando-se o Sensoriamento Remoto e o SIG, no ambiente do software QGIS (versão 3.34.11), permitindo-se elaborar mapas temáticos – litológico, hipsométrico, pedológico e de uso e ocupação da terra – utilizando dados de repositórios oficiais e imagens do satélite CBERS 4A, adotando-se como escala de análise 1:50.000. Os resultados evidenciam que Araras está inserida na Depressão Periférica Paulista, caracterizada por um relevo predominantemente não confinado e de baixa amplitude altimétrica (562,2 a 823,1 metros). A pedologia local é composta por Latossolos Vermelho-Distróficos e Latossolos Amarelos, com ocorrência de Organossolos Hêmicos, os quais, embora favoráveis à mecanização agrícola, demandam manejo específico, como correção de acidez para os primeiros. O mapeamento de uso e ocupação da terra revela uma notória prevalência da cultura de cana-de-açúcar, representando 81,3% do setor agropecuário, o que corrobora a inferência de significativa pressão antrópica e potenciais problemas de exaustão ambiental, especialmente pedológica. A pesquisa propõe a futura integração dessas variáveis em ambiente SIG para a elaboração de um mapa síntese de paisagens, por meio de mapeamento semiautomático e correção topológica manual, seguida de validação de campo.

Palavras-chave: Diagnóstico ambiental, Geossistemas, Cartografia de Paisagens, Araras-SP.

ABSTRACT

This study outlines an environmental cartographic diagnosis of the municipality of Araras-SP, aiming to subsidize territorial planning. The theoretical-methodological framework is anchored in Landscape Cartography and Sothava's geossystems (1968), emphasizing a systemic approach to spatial analysis. The methodology employed QGIS software (version 3.34.11) for the elaboration of thematic maps – lithological, hypsometric, pedological, and land use and occupation – using data from official repositories and CBERS 4A satellite images, with an analysis scale of 1:50,000. The results show that Araras is located within the Paulista Peripheral Depression, characterized by a predominantly unconfined relief with a low altimetric amplitude (562.2 to 823.1 meters). The local pedology is dominated by Dystrophic Red Latosols and Yellow Latosols, with occurrences of Hemic Organosols, soils that, although favorable to agricultural mechanization, require specific management, such as acidity correction for the former. The land use and occupation mapping reveals a notable prevalence of sugarcane cultivation, accounting for 81.3% of the agricultural sector, which supports the inference of significant anthropogenic pressure and potential environmental exhaustion, especially pedological. The

¹ Doutorando do Curso de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho UNESP, Rio Claro, SP, Brasil. thiago.forte@unesp.br;

² Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, SP, Brasil., am.pancher@unesp.br;



research proposes the future integration of these variables within a GIS environment for the elaboration of a landscape synthesis map, through semi-automatic mapping and manual topological correction, followed by field validation.

Keywords: Environmental diagnosis, Geossystems, Landscape Cartography, Araras-SP.

INTRODUÇÃO

A questão ambiental tem se tornado crucial nas políticas públicas, principalmente devido aos recentes eventos catastróficos. Diante do cenário atual de uso inadequado dos recursos naturais e da exploração do meio ambiente para fins produtivos, é possível afirmar que os desafios ambientais contemporâneos são, na verdade, desafios sociais, uma vez que surgem a partir da interação humana com o meio ambiente. (Martinelli *et al.*, 2001; Rodriguez *et al.*, 2013, Marques Neto, 2021).

O Ordenamento Territorial e Ambiental possui estreita relação com a Geografia e, mediante acontecimentos hodiernos, é extremamente necessário em pautas e agendas governamentais. Por Ordenamento Territorial e Ambiental se entende todo o processo de planejamento que vai desde o inventário de recursos (financeiros e ambientais), demandas socioeconômicas e execução de políticas institucionais, bem como a busca por estratégias nas resoluções ou mitigação de conflitos na relação Homem e Natureza. (Dutra *et al.*, 2009).

Este campo é complexo pois busca a integração de análises multivariadas que demandam atuações multi e interdisciplinares para se entender muitas vezes apenas um processo. A integração de variáveis na análise de um processo ambiental pode requerer análises de vários níveis e de inúmeras relações de atributos entre si que ainda sofrem intervenções de diferentes intensidades da atividade antrópica. (Sotchava, 1968; Dutra *et al.*, 2009; Rodriguez *et al.*, 2013; Morin, 1977; Christofolleti, 2002).

Vale salientar, que a evolução e constituição da espécie humana organizada como dominante no sistema planetário foram viabilizadas principalmente pelo modo como se deu sua interação com a natureza. Essa relação profícua, resultou no desenvolvimento de técnicas de transformação do espaço geográfico ao longo do tempo, surgidas a partir das mais diversas necessidades de organização social.

Desta forma, este trabalho buscou realizar um diagnóstico cartográfico ambiental do município de Araras com premissas teórico metodológicas embasadas na Cartografia de Paisagens e nos geossistemas de Sothava (1968), visando compor um mapa integrado de variáveis que pode ser utilizado como subsídio ao planejamento territorial da área de estudos.

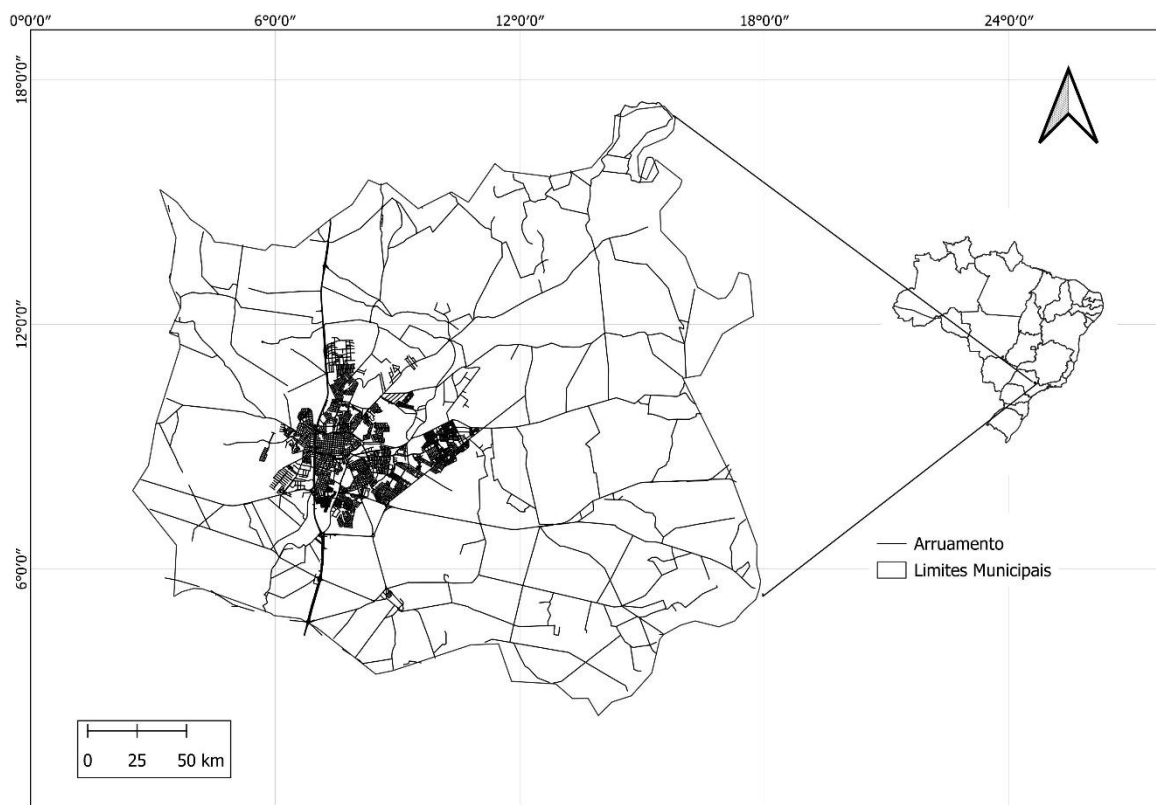


Assim, o diagnóstico preliminar demonstrou uso exacerbado dos recursos naturais no município decorrentes de setores econômicos como o agronegócio, a industrialização e a expansão urbana.

METODOLOGIA

A área de estudos selecionada para esta pesquisa compreende o município de Araras, localizado na porção Centro Oriental do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 22°21'28" S e 47°23'06" O (figura 1), distante 171 km a noroeste da capital paulista. O município interiorano tem seus limites territoriais com os municípios de Leme ao Norte, Limeira, Cordeirópolis, Engenheiro Coelho ao Sul, Artur Nogueira, Mogi-Guaçu, Conchal a Leste e Santa Gertrudes, Rio Claro e Corumbataí à Oeste. (Prefeitura Municipal de Araras, 2023).

Figura 1: Localização do município de Araras/SP



Elaboração: Forte, 2024

Segundo dados do IBGE (2022), a população de Araras é de 131.466 pessoas e a área territorial é de 644,831 km², portanto, a densidade demográfica é de 203,88hab./km². A média



etária da população é de 39-44 anos. As principais vias de acesso são as rodovias Wilson Finardi SP-191, Anhanguera SP- 330 e Gilberto Silva Telles.

Para elaboração dos produtos cartográficos do estudo apresentado neste artigo, foi utilizado o software livre QGIS, versão 3.34.11, adotando-se como escala de análise 1:50.000 e o sistema de coordenadas Geográficas, referenciado ao datum SIRGAS 2000, Fuso 23S. A base de recorte vetorial utilizada para o município de Araras foi o arquivo vetorial (shapefile), obtido junto ao IBGE (2010). Desta forma, foi realizado um tratamento dessa camada no ambiente do QGIS, no intuito de corrigir erros topológicos. Os dados cartográficos deste trabalho foram obtidos de forma digital em bancos de dados disponibilizados pelos órgãos oficiais. De acordo com a demanda e a especificidade de cada dado, eles passaram por tratamentos descritos a seguir.

Para o mapa Geológico, foram utilizados dados cartográficos do Estado de São Paulo, obtidos junto ao Repositório Institucional de Geociências (RIGeo) do Serviço Geológico do Brasil (SGB). Em seguida, foi realizado o recorte espacial no limite da área de estudos na escala de 1:50.000. Após, foi realizada uma transformação geométrica, o que propiciou a adaptação das informações para a escala utilizada, além da extração de dados de símbolos categorizados no menu de propriedades da camada vetorial. O passo que se seguiu foi a realização da classificação dessas informações para composição da legenda.

Para o mapa Hipsométrico foi realizado tratamento do Modelo Digital de Elevação (MDE) Copernicus, com resolução espacial de 30 metros, que compreende a miscelânea e composição de mosaico, reprojeção para o sistema plano SIRGAS 2000 UTM zona 23S, recorte da área, criação de arquivo txt (texto) com regras para classificação. Este é um projeto da união europeia que utilizou os dados do TanDEM-X, marcando um pioneirismo na utilização da interferometria de RADAR via Satélite para imageamento do planeta, disponibilizando as imagens gratuitamente. Assim, de modo preliminar, para obter o acesso ao arquivo raster, foi necessário realizar o cadastro no site PANDA.

Para este trabalho, os dados utilizados são do tipo Defense Gridded Elevation Data (DGED), onde os valores aparecem em casas decimais na legenda, ou seja, são dados do tipo Float, a qual evita a discretização de valores obtidos para valores inteiros. No processo de elaboração do mapa Hipsométrico foi realizado o processamento em banda simples falsa cor com valores mínimos e máximos e foi utilizado o sombreamento com variação z no valor 3.0. Esse valor fornece uma correlação mais aproximada das diferenças de altitude no mapa, pois ressalta o relevo. Vale salientar, que esse MDE foi escolhido, pois segundo Grohmann (2015), é o melhor material gratuito disponível para pesquisas científicas.



No caso da área de estudos desta pesquisa (Araras), que possui um relevo mais plano, os dados em valores decimais demonstram mais fidedignidade à realidade do terreno. Quando os dados são discretizados para valores inteiros, podem ocorrer distorções da representação.

Os procedimentos foram executados também com auxílio do complemento GRASS GIS 7.4.2, que utiliza algoritmos específicos como o *r.recode* e o *r.reclass* para as variáveis a serem incorporadas como a hipsometria. A ferramenta utilizada no software Quantum GIS segue a metodologia de Riley et al. (1999), onde o índice é calculado pela soma da mudança de elevação (em metros) entre uma célula (pixel) central e as oito células vizinhas numa grade de 3x3.

Para a elaboração do mapa Pedológico, foram extraídos dados categorizados da base vetorial do IBGE 2010, demandando o recorte com base no limite do município de Araras/SP. Ademais, foi realizada a classificação por símbolos categorizados para obter a espacialização da Pedologia bem como a composição da legenda. Após, foi realizado o mesmo procedimento com dados obtidos junto ao IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), em escala de detalhe (1:25.000) buscando-se, através deste procedimento, comparar e adaptar os dados para esta pesquisa, compondo um mapa resultante com uma legenda de três níveis.

Os níveis categóricos adotados no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) são os seguintes: 1º nível categórico (ordens), 2º nível categórico (subordens), 3º nível categórico (grandes grupos), 4º nível categórico (subgrupos), 5º nível categórico (famílias) e o 6º nível categórico (séries), este último ainda carecendo de definição de conceitos. Desta forma, para este trabalho foram utilizados os três primeiros níveis.

O mapa de Uso e Ocupação da Terra foi elaborado a partir do tratamento de imagens do satélite CBERS (4A) e classificação supervisionada. O CBERS 4A opera em uma altitude de cerca de 630 km, um pouco mais baixa que a sua órbita, que é de 778 km. Sua missão principal é imagear toda a superfície terrestre, por meio de três câmeras ópticas embarcadas no satélite, sendo duas brasileiras e uma chinesa: a Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM). As características das câmeras são indicadas na tabela 1.

Tabela 1: Características das imagens CBERS 4A

Câmera	Resolução Espacial
Multiespectral (MUX) - 16,5 metros	95 km
Imageadora de Campo Largo (WFI) - 55 metros	684 km
Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (VPM) - 8 metros	92 km
Pancromático	2 metros

Fonte: INPE 2024.



Para a elaboração do mapa de uso de Araras, primordialmente, foram realizados procedimentos de recorte da área, através da caixa de ferramentas de processamento, na opção recortar pela camada de máscara. Posteriormente, foi realizado o empilhamento das Bandas 1, 2 e 3 e pancromática no menu raster- miscelânea – construir raster virtual, cujo objetivo foi a geração de um arquivo raster com resolução de 2 metros por pixel. Desta forma, foi possível obter a composição colorida, resultando em uma imagem com resolução espacial adequada para este trabalho.

Para realização da classificação da imagem de satélite, foi utilizado o plugin do QGIS, denominado Dzetsaka, o qual é um algoritmo de classificação automatizada baseado em técnicas de aprendizado de máquina, que permite a identificação e categorização dos múltiplos usos da Terra. Desta forma, foram realizadas coletas de amostras para treinamento do algoritmo a partir da criação de polígonos com intuito de delimitar as classes de usos. Não houve um número definido de amostras por classes, porque os alvos se diferenciam quanto ao comportamento espectral na imagem e quantidade de ocorrências. Desta maneira, os procedimentos foram realizados buscando-se o maior número possível de amostras para cada classe. Nesta etapa foram definidas 16 Classes de uso e ocupação: Formação de florestas, Vegetação rasteira, Reflorestamento, Planície de inundação, Formação herbácea, Pastagem, Cana-de-açúcar, Culturas diversificadas, Área urbana, Outras áreas não vegetadas, Mineração, Rios, Soja/Feijão, Culturas perenes, Café, Citrus.

Com base na integração dessas variáveis, foram determinados os limites dos geossistemas, através da interpretação dos dados cartográficos e da sobreposição dos mapas na seguinte ordem: Geologia + Compartimentação geomorfológica + Pedologia + Uso e Cobertura da Terra. O mapa de geossistemas foi confeccionado a partir da álgebra dos mapas e corrigido através de sua vetorização e posterior vetorização manual dos polígonos por meio da correlação 1:1, ou seja, cada unidade geossistêmica foi delimitada da seguinte forma: 1 forma de relevo, 1 tipo de vegetação, 1 tipo de solo, 1 tipo de uso naquele local específico e 1 tipo de rocha. Esse processo se deu através da criação de novas camadas vetoriais e correção de erros topológicos com a ferramenta *nó* do *software* QGIS.



REFERENCIAL TEÓRICO

A paisagem, como categoria de análise na ciência geográfica, é um dos conceitos mais complexos devido às diversas interpretações e questões metodológicas e epistemológicas envolvidas. Esse conceito é notoriamente polissêmico, carregando múltiplos significados, que variam conforme o contexto de sua aplicação e a perspectiva do observador.

O processo de desenvolvimento tecnológico e as mudanças de hábitos e costumes aliados às crescentes necessidades humanas por consumo de produtos diversos, em busca de maior conforto, menor esforço, melhor alimentação, mais prazer e lazer, impõe maior necessidade de apropriação de recursos naturais, ora para extrair essências nativas, ora para minerar, cultivar e/ou criar. Esse processo dinâmico e intenso obriga à expansão das áreas de cultivo, de criação e de mineração, bem como exige maior capacidade produtiva dos lugares. Esses são os fatores motores que proporcionaram arranjos e rearranjos espaciais dos territórios. (ROSS, 2006, p. 60).

A paisagem, como conceito, é objeto de estudo não apenas da Geografia, mas também de outras ciências como Arquitetura, Ecologia e Biologia. Além disso, é tema de músicos, poetas, pintores e fotógrafos, ocupando um lugar de destaque na cultura e no cotidiano da sociedade desde períodos históricos, compondo um arcabouço de linguagens, símbolos e significados. (Forte, 2021).

Para a Geografia, a Paisagem é um conceito-chave que fornece à ciência geográfica sua unidade e identidade. A evolução do conceito de paisagem e o fato de ser objeto de estudo da Geografia viabilizaram a disciplina como ciência; assim, a paisagem está indubitavelmente no foco da pesquisa geográfica, caracterizando-se como objeto central da Geografia, reunindo concepções multifacetadas e complexas (Lang *et al.*, 2009; Forte, 2021).

Para estudos dessa natureza, as geotecnologias, que consistem num conjunto de métodos e técnicas para coleta, processamento, abstração e oferta de dados geográficos com base referenciada, que utilizam ferramentas modernas e digitais, aliadas à Cartografia, se tornam técnicas fundamentais aplicadas à análise do espaço geográfico.

O conceito de geossistemas contém em seu cerne a relação tipológica, a diferenciação taxonômica e hierárquica dos componentes físicos ambientais; neste contexto, a Cartografia se apresenta como instrumento fundamental na representação desses atributos distribuídos no espaço geográfico, ou seja, o mapeamento de geossistemas é a principal ferramenta utilizada pelos geógrafos que trabalham com este conceito.

A análise geoespacial é o principal produto que se pode obter inferindo-se as representações presentes em um mapa. É concebida como uma análise quantitativa incorporada pela Geografia e é decorrente da abordagem sistêmica, baseada em um estudo aprofundado dos



padrões de pontos, linhas, áreas e superfícies dispostas em mapas e definidos por coordenadas espaciais (Ferreira, 2014).

Sendo assim, a análise geoespacial é uma poderosa ferramenta de interpretação de formas espaciais complexas, se configurando como alicerce nos estudos sobre geossistemas.

Os estudos que utilizam a Paisagem como um elemento de análise na Geografia e que se fundamentam na Cartografia, devem adotar uma abordagem de cartografia crítica. Essa abordagem deve ser capaz de integrar todas as contradições presentes na interação do ser humano com a natureza. (Martinelli *et al.*, 2001).

Para Sotchava (1975), a abordagem sistêmica possui papel preponderante na Cartografia Temática. O movimento desta frente cartográfica se inicia a partir de 1970, com adoção da abordagem sistêmica em mapas com propósitos especiais. A implementação da abordagem sistêmica na confecção de mapas significou uma evolução para a Cartografia até então.

Segundo Vinogradov *et al.* (1962) apud Amorin (2011), existem quatro tipos diferentes de mapas de paisagens. O primeiro se dá por mapas detalhados de grandes escalas que em termos de geossistemas abarca a classe de Fácies e de Tratos, cujos mapeamentos podem ser realizados na escala de 1:10.000 ou menor, como 1:50.000 por exemplo. O segundo tipo de mapas são os generalizados ou mapas de Tratos, de grande escala, abarcando escalas a partir de 1:10.000 até 1:100.000; os mapas do terceiro tipo, de média escala, vão desde 1:100.000 até 1:1.000.000, cujas aplicações abrangem o mapeamento de localidades e de complexos de Tratos. Já os mapas de pequenas escalas, a partir de 1:1.000.000, são mapas tipológicos de paisagens.

Conforme Amorin (2011, p. 6), para exemplos práticos:

Deve ser dada maior prioridade para mapas de média escala para a compilação de mapas da paisagem de Estados e países, frequentemente de 1:300.000 a 1:600.000. Considerando as dimensões continentais do território brasileiro (tão grande quanto a antiga União Soviética), um mapa de paisagem singular para amplo uso científico e prático do território brasileiro, a escala sugerida pelos autores é a de 1:1.000.000, assim como o sugerido para a URSS. Para os autores, a escala de mapeamento mais adequada para mapas de média escala é 1:300.000.

A Cartografia de Paisagens, de caráter físico-geográfico, se preocupa com a representação de complexos naturais, ou também chamados de geossistemas, que são resultantes de interações entre áreas naturais e a sociedade; a Cartografia de Paisagens é inerente ao saber geográfico, pois seu cabedal epistemológico se subsidia na Geografia Física. (Cavalcanti, 2015; Sotchava, 1977).



Pelo prisma da visão integrada de elementos e processos das paisagens, a Cartografia de Paisagens assume notória importância no reconhecimento da diversidade paisagística de determinado território, o que pode embasar o planejamento territorial em tomadas de decisões importantes subsidiadas no conhecimento dos geossistemas presentes em análise. Desta forma, ela se configura como ferramenta não somente de geógrafos, mas também de outras áreas do conhecimento. (Cavalcanti, 2015; Ferreira, 2014; Lang *et al.*, 2009).

Para Marques Neto (2021, p. 125), um dos resultados essenciais dos estudos dos geossistemas é o mapa tipológico-regional, que representa os geômeros e geócoros pelo princípio bilateral. Porém, é bastante difundida a representação apenas das tipologias, que resulta em um mapa somente de geômeros. Desta forma, esses mapas ressaltam os aspectos estruturais da paisagem, os quais são essenciais para o planejamento (agricultura, mineração, urbano, recreativo, conservação, preservação etc.). Neste viés, a compartimentação geomorfológica é a base do mapeamento.

A Cartografia de geossistemas e paisagens está intrinsecamente relacionada à sua classificação. Marques Neto (2021, p.130), ao analisar um conjunto de trabalhos eslavos publicados conclui que há uma diversidade de abordagens metodológicas, adaptações, usos de escalas que propiciam possibilidades de aplicações e interdisciplinaridade nos estudos dos geossistemas. Entretanto, existem princípios universais aplicados a Cartografia geossistêmica que são a zonalidade e a azonalidade.

Do ponto de vista técnico operacional, Marques Neto (2021) destaca que existem diversas técnicas que podem ser aplicadas em ambientes SIG's para a formulação de mapas de geossistemas, sendo as mais empregadas as de combinação e correlação de variáveis ambientais, que podem variar quanto a formulação, por sobreposição de mapas, álgebra de mapas, técnicas estatísticas e análises multifatoriais. Estes trabalhos, como tendência, possuem aporte fundamental no Sensoriamento Remoto, pelo uso constante de imagens de satélite e radar no reconhecimento de aspectos estruturais e de uso e ocupação.

Desta forma, os mapas de geossistemas e paisagem devem ser elaborados de forma que os limites de suas unidades de mapeamento sejam estabelecidos a partir da relação entre as variáveis ambientais mais relevantes, que normalmente são: relevo (morfologias dominantes, tipos genéticos, aspectos dinâmicos), solos, vegetação, hidrografia (tipicidade de canais, padrões de drenagem, estilos fluviais), base geológica, uso antrópico da terra, e aspectos climáticos. (Marques Neto, 2021, p. 130).

Para Marques Neto (2021), é muito provável que dois pesquisadores responsáveis por mapear os geossistemas de uma determinada área, sob a mesma escala, a mesma metodologia,



apresentarão diferentes limites mapeados como resultado, pois mesmo que com base em mapeamentos mais objetivos, como por exemplo formas e compartimentos geomorfológicos, estes apresentarão incongruências devido à interpretação pessoal dos pesquisadores. Ainda que haja uma padronização metodológica, que seja capaz de diminuir as divergências, os trabalhos serão incumbidos de subjetividades individuais. Isso se deve ao fato de o pesquisador projetar no objeto de pesquisa o pensamento complexo, ideia esta defendida por Edgar Morin (1977).

O mapeamento de geossistemas é uma atividade preponderantemente complexa, pois é um mapeamento multivariável, com repercussão direta nos procedimentos de sua delimitação. Do ponto de vista técnico, na Cartografia de Paisagem, os limites dos geossistemas podem se apresentar de forma não abrupta, ou seja, a área de contato entre um geossistema e outro. Desta forma, a dimensão biótica dos geossistemas abarca o que pode ser chamado de faixas de transição (ecótonos), devido ao arcabouço ecológico oferecido pela natureza naquele determinado local. Esses ecótonos se apresentam em diferentes escalas, estruturas, composição e obedecem a organização própria, semelhantemente como descreve Ab'Saber ao caracterizar os domínios morfoclimáticos da natureza. (Marques Neto, 2021).

Os ecótonos são estruturas fundamentais na dinâmica de um geossistema, pois regulam os fluxos através de mosaicos heterogêneos, podendo apresentar diversidade biológica e taxas de produtividades que contribuem para a integridade de determinado sistema. (Marques Neto, 2021).

Para realização do mapeamento de geossistemas, se faz necessário o levantamento de informações e a criação de um banco de dados que possibilitem o cruzamento de variáveis previamente cartografadas. Esses dados irão compor a análise integrada ambiental a partir de pressupostos teórico-metodológicos dos geossistemas. (Marques Neto, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com apoio na Cartografia e em técnicas e procedimentos das Geotecnologias, foi possível elaborar mapas temáticos da área de estudo, permitindo-se conhecer as características físico-naturais e antrópicas do município de Araras, bem como realizar uma análise diagnóstica desse território, visando o adequado planejamento. Os resultados obtidos são apresentados nos itens subsequentes.



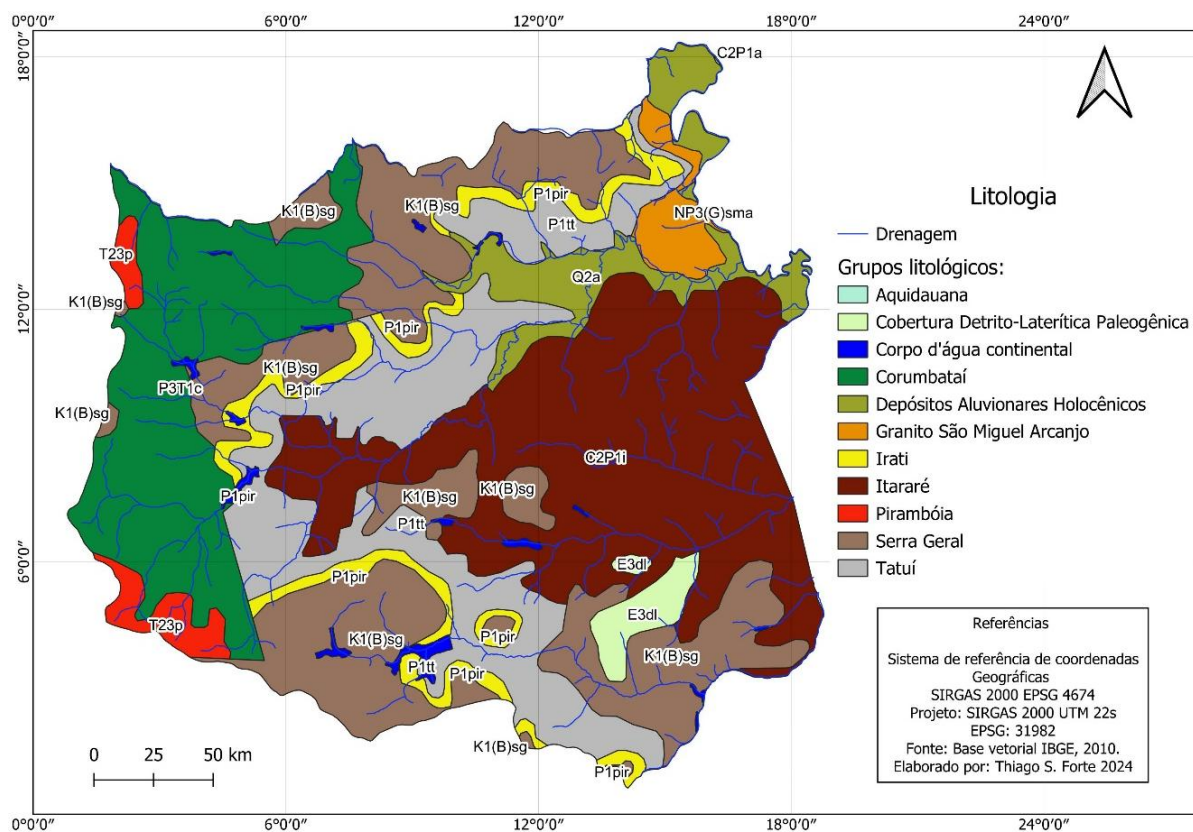
Aspectos da Litoestrutura do município de Araras/SP

A base litoestrutural de uma área assume muitas vezes um papel crucial na definição e classificação no mapeamento de unidades geossistêmicas. Esse substrato determina os processos de erosão diferencial e o controle morfotectônico e, em algumas circunstâncias, pode determinar os limites de um geossistema. (Marques Neto, 2021).

Para Souza *et al.* (2005), a Geologia de Araras está inserida no contexto da Bacia do Paraná, sendo constituída de formações desde o Paleozóico até o Cenozóico.

A geologia da Quadrícula de Araras (SP) está inserida na Supersequência Gondwana I, a qual inclui formações do Carbonífero, do Permiano e do eo-Triássico; na Supersequência Gondwana III (Formação Serra Geral, soleiras de diabásio), além de formações do Terciário e depósitos aluvionares. (Souza *et al.* 2005, p. 3). (figura 2).

Figura 2: Litoestrutura do município de Araras/SP



Fonte: IBGE, 2010.

Com base no mapa da figura 2, verifica-se que Araras está inserida no domínio morfotectônico da Bacia do Paraná, uma sinéclise interior. A área abrange as seguintes formações litoestruturais:

- ✓ Q2a-Depósitos aluvionares: constituído de depósitos nas margens, fundos de canais e planícies de inundação; além de materiais arenosos, cascalheiras, siltes, argilas e,



localmente turfas, resultantes dos processos de erosão, transporte e deposição. (CPRM, 2006).

- ✓ K1Bsg-Serra Geral: a Formação Serra Geral é resultado de intenso magmatismo fissural, representado na forma de uma espessa cobertura de lavas, com cerca de 1.500 metros de espessura junto ao depocentro da bacia, associado a uma extensa rede de diques e múltiplos níveis de soleiras. São constituídos principalmente por basaltos tholeiíticos e andesi-basaltos tholeiíticos, com augita e pigeonita, perfazendo aproximadamente 90% do volume total das rochas extrusivas. Subordinadamente ocorrem andesitos tholeiíticos, riodacitos e riolitos:

As rochas basálticas são compostas por fenocristais de augita, plagioclásio, pigeonita, alguma titanomagnetita e rara olivina, em matriz composta por estes mesmos minerais. As rochas intermediárias contêm fenocristais de augita, plagioclásio, pigeonita e titanomagnetita em matriz de plagioclásio, augita, pigeonita, titanomagnetita, ilmenita e quartzo. As rochas ácidas apresentam fenocristais de plagioclásio, que podem perfazer até 30% do volume da rocha, além de outros de augita, pigeonita e titanomagnetita em matriz de quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio, piroxênios, titanomagnetita e ilmenita. (CPRM, 2006, p. 168).

- ✓ T23p-Formação Piramboia: constituída, em essência, por arenitos médios e finos com cores esbranquiçadas, avermelhadas e alaranjadas, com geometria lenticular bem desenvolvida. (CPRM, 2006).
- ✓ NP3Gsa-Granito São Miguel Arcanjo: Intrusivas Básicas tabulares – Soleiras diabásicas. (CPRM, 2006, Souza et al., 2005).
- ✓ P1pr-Formação Tatuí: formada por depósitos marinhos com estratificação plano-paralela, predominando siltitos, arenitos finos em parte concrecionados, calcários, sílex; cor vermelha arroxeada na parte inferior e esverdeada na parte superior. (CPRM, 2006, Souza et al. 2005).
- ✓ C2p1i-Formação Itararé: esse Grupo, em conjunto com a Formação Aquidauana (C2P1a), representa a porção basal transgressiva da super sequência Gondwana I, de idade carbonífera-eotriássica, com sedimentação glácio-marinha. O grupo compreende depósitos glaciais, continentais, glacio-marinhos, fluviais, deltaicos, lacustres e marinhos, compreendendo principalmente arenitos de granulação variada, imaturos, passando a arcóseos; conglomerados, diamictitos, filitos, siltitos, folhelhos e ritmitos. (CPRM, 2006, Souza et al., 2005).



Características Geomorfológicas

Para Marques Neto (2021), o relevo figura entre os elementos invariantes de um geossistema. Para o autor, a diferenciação elementar de compartimentos geomorfológicos pode ser a base fundamental para classificação de geossistemas regionais. Outrora, o material transportado pelos rios ou retidos em canais de forma residual, demonstra como os processos operam nas vertentes em articulação com as paisagens. Desta forma, a paisagem dissecada pelos rios forma depósitos nas planícies fluviais e em forma de carga de fundo.

Brierley et al. (2005) apud Marques Neto (2022), apresenta a concepção metodológica versada nos termos dos estilos fluviais, que classifica segmentos de rios que apresentam características geomorfológicas e hidrodinâmicas próprias, onde há três classes distintas de estilo fluvial:

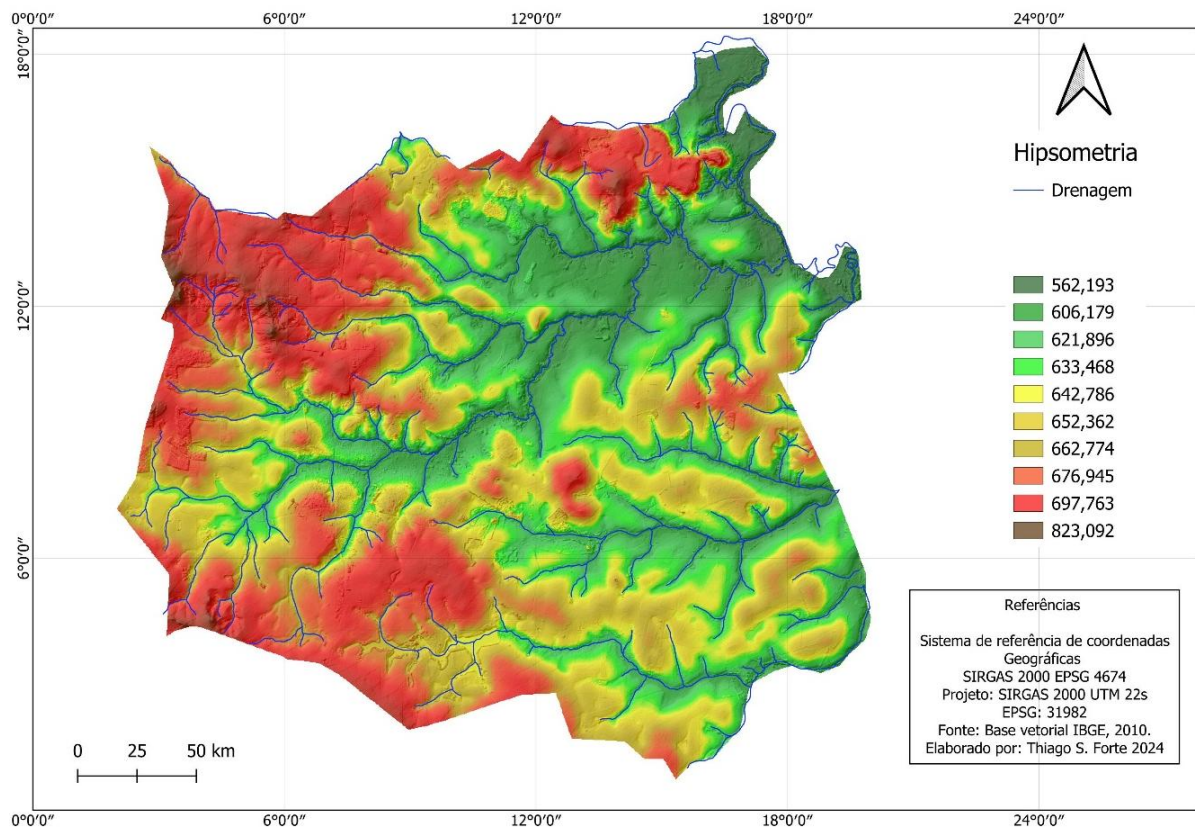
1. Confinado - Áreas de forte controle estrutural com traçado do rio acompanhando o alinhamento do vale;
2. Parcialmente confinado - Vales com planícies descontínuas irregulares;
3. Não confinado - vales mais largos, com planícies contínuas e bem desenvolvidas.

Cada um dos estilos fluviais supraexpostos mostra diferentes interações entre o rio e a paisagem. O estilo 1, confinado, ocorre em contextos de forte controle tectonoestrutural, dissecados por canais caracterizados por incisão vertical pronunciada, normalmente com correntes de considerável energia e baixa estocagem sedimentar. Em condição de vale parcialmente confinado, pressupõe-se uma maior evolução lateral da paisagem, com um relevo que tende a um maior rebaixamento e a uma diminuição de energia, aqui notada pelas zonas de acumulação que se formam. Os vales abertos, de estilo não confinados, caracterizam paisagens já mais rebaixadas, tendendo a uma topografia mais monótona e uma transferência de matéria e energia das vertentes para o canal em menor intensidade, o que resulta em morfologias agradacionais mais expressivas. (Marques Neto, 2022, p. 159).

Desta forma, o relevo de Araras se apresenta com características predominantes do item 3 - não confinado, com planícies contínuas e bem desenvolvidas, conforme apresenta a figura 3.

Neste aspecto, o mapa de hipsometria é importante, pois fornece informações sobre a variação de altitude do relevo do território de interesse. A amplitude altimétrica está diretamente relacionada com o aprofundamento da dissecação do relevo de determinada área. Quanto maior a amplitude, maior a incidência de energia potencial, onde as águas pluviais adquirem maior energia cinética em seu percurso rumo as partes mais baixas. (Crepani *et al.*, 1996).

Figura 3: Hipsometria do município de Araras/SP



Fonte: IBGE, 2010.

Com relação ao relevo de Araras, o mapa da figura 3 evidencia que este não apresenta considerável amplitude altimétrica, pois a cota mínima é de 562,2 metros e a máxima é de 823,1 metros, portanto, a amplitude máxima é de 260,9 metros de altitude. Para Christofolletti (1963), o município de Araras está localizado próximo da borda ocidental da Depressão Periférica Paulista. Ab'Saber (1969, p.1) caracteriza a Depressão Periférica Paulista como um compartimento geomorfológico, originado por processo denudacional, que é um processo glibtogenético de desbastamento, arrastamento das formas de relevo mais salientes pelo efeito conjugado de diferentes agentes erosivos.

Procurando redefinir o termo circundesnudação como expressão geomorfológica, a fim de poder aplicá-lo ao estudo do relevo brasileiro, devemos dizer que entendemos por tal fenômeno o processo de formação de patamares de erosão, depressidos e periféricos, na borda de bacias sedimentares. Trata-se de um velho conceito usado pelos geógrafos franceses para exprimir, em termos de geomorfologia, o conjunto de fenômenos de desnudação periférica que se verificam, após fases de epirogênese positiva, nas bordas de sinclinais entulhadas. (Ab'Saber, 1949, p. 72).

A depressão periférica pode ser dividida em três zonas: Zona do médio Tietê, Zona do Mogi-Guaçu, e Zona do Paranapanema (Bernadelli, 2019). Neste contexto, o relevo da área de estudos se encontra na Zona do Mogi-Guaçu, caracterizado por Almeida (1964, p. 61) da seguinte maneira:



O relevo predominante na zona é o de campos extremamente uniformes, com vales amplos, poucos profundos, abrigando cursos d'água em cujas margens são frequentes pequenas planícies aluviais arenosas, bem como alguns terraços. As variadas litologias do Grupo Tubarão quase nada se refletem nesse relevo suave, cuja monotonia só é rompida, em alguns lugares, pela presença de morros de modesta altura, indicando sítios de maiores intrusões de diabásio. (Almeida, 1964, p. 61).

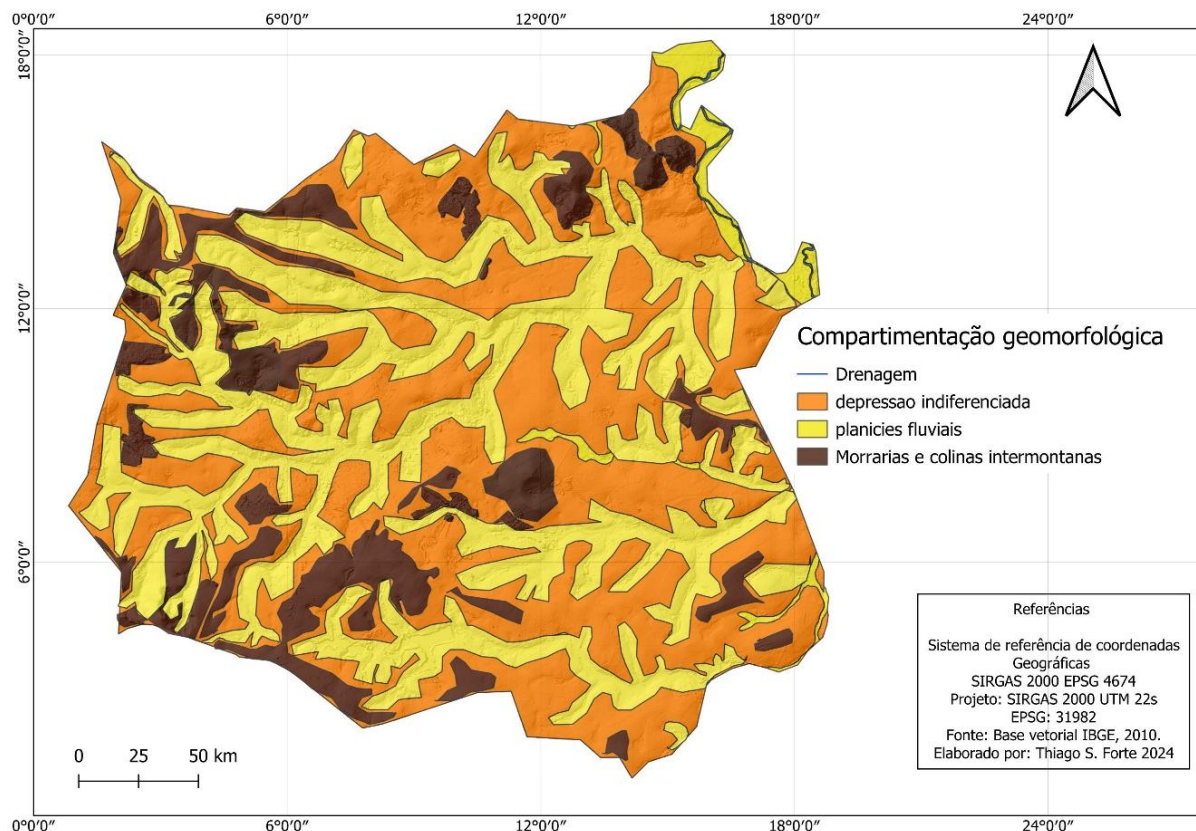
A configuração do relevo no município de Araras é fruto das características apresentadas, bem como da ação climática, que segundo o Weather Spark (2024), se apresenta com verões longos, com sensação de abafado e céu semi encoberto. O inverno é curto, com temperaturas mais amenas e poucas nuvens. A variação térmica é entre 11 C° e 30 C°.

Segundo Monteiro (1973), as massas de ar que atuam nessa unidade geomorfológica são: massa polar atlântica (mPa), massa tropical atlântica (mTa), massa equatorial continental (mEc) e massa tropical continental (mTc):

Cada massa de ar opera de maneira diferente ao longo das estações do ano. A mPa provoca redução da temperatura e, por vezes, precipitação durante o inverno e o outono, enquanto, no verão e na primavera, ela causa chuvas e diminuição ligeira das temperaturas, apesar de ter uma rota mais oceânica e extensão pequena. Segundo Pitton (1997, p. 58), a mTa age na primavera e no verão ocasionando chuvas em função do aquecimento basal (células convectivas), ao passo que no inverno e no outono a mesma traz estabilidade. A mEc é caracterizada por ser quente e úmida, colaborando para índices pluviométricos altos e para o aquecimento, à medida que a mTc é quente e seca, auxiliando no aquecimento basal. Portanto, a Depressão Periférica e a área estudada apresentam duas estações bem definidas: um período chuvoso (verão e primavera) e outro seco (outono e inverno). A essa sequência de condições Monteiro (1973, p. 27) denominou de “clima tropical alternadamente seco e úmido (A2)”. (Bernadelli, 2019, p. 92).

A compartimentação geomorfológica de Araras apresenta domínio da depressão indiferenciada, com algumas colinas. Desta forma, o relevo favorece o cultivo de monoculturas por facilitar o trânsito de insumos e maquinários agrícolas. (figura 5).

Figura 5: Compartimentação Geomorfológica do município de Araras

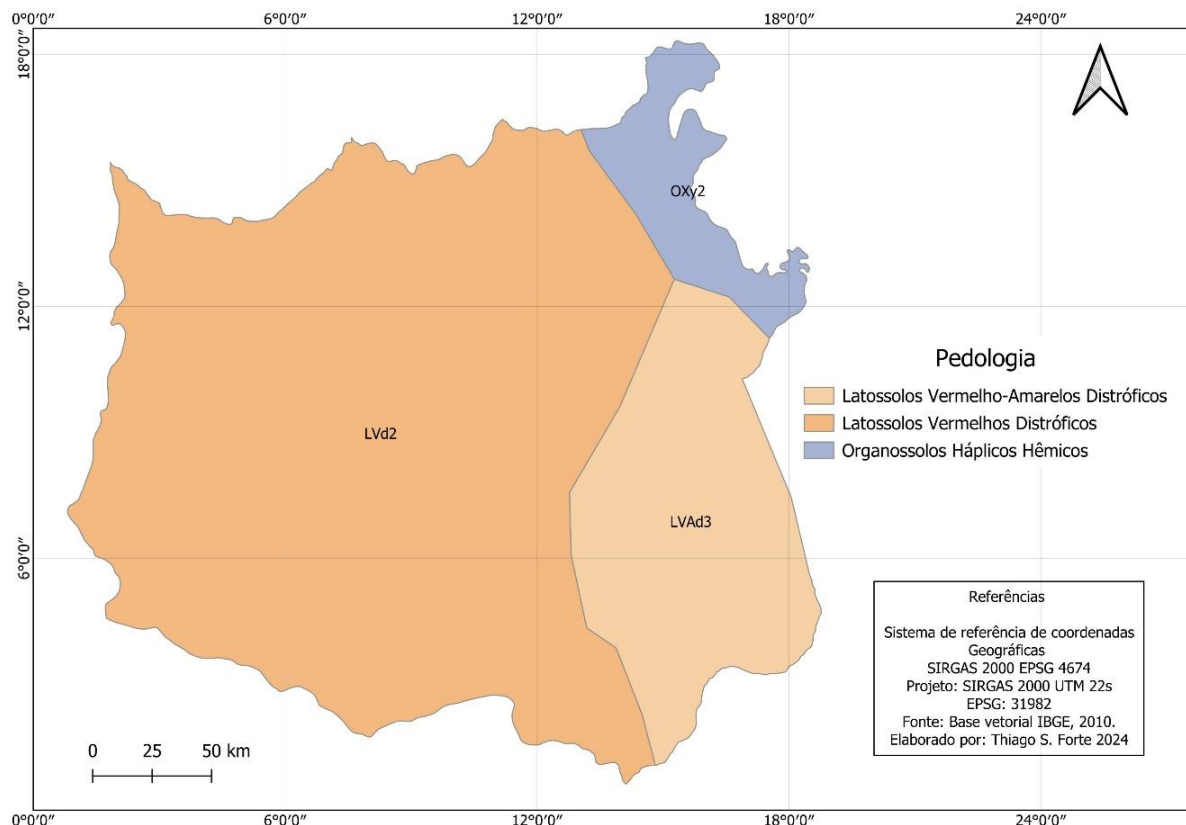


Elaboração: Forte, 2025. Fonte: IBGE, 2010.

Pedologia do município de Araras/SP

A maior parte da biomassa da Terra está sobre as formações superficiais, ou seja, os solos, os usos e coberturas e todo o potencial ecológico reside na superfície terrestre. A área de estudos possui predominância de latossolos vermelhos distróficos, que geralmente contém altos teores de óxidos de ferro presentes no material originário. Geralmente são solos bem drenados com baixa fertilidade natural, necessitando de correção da acidez para uso agrícola. São solos que possuem alta porosidade, permitindo boa infiltração de água e aeração. Também, se caracterizam por solos de regiões de relevo plano e suave ondulado, favorecendo a mecanização agrícola. (Embrapa, 2021). (figura 6).

Figura 6: Mapa Pedológico do Município de Araras



Fonte: IAC 2019.

Além desse, a área de estudo abrange o Latossolo Amarelo, que apresenta características físicas de retenção de umidade e boa permeabilidade, sendo intensivamente utilizados para culturas de cana-de-açúcar e pastagens, e em menor escala, para cultivo de mandioca e citros, e áreas de reflorestamento com eucalipto. Sendo assim, este solo é favorável à mecanização agrícola e não é tão susceptível à erosão, entretanto, problemas de compactação podem limitar a utilização deste tipo de solo. O seu enraizamento é limitado em profundidade por ser álico ou distrófico, e devido à elevada coesão dos agregados, pois o solo é muito duro ou extremamente duro no estado seco. (Embrapa, 2021).

Outro tipo de solo existente em Araras, é o Organossolo, o qual é hêmico, caracterizado por uma alta quantidade de matéria orgânica parcialmente decomposta, com pH geralmente ácido com alta capacidade de retenção de água. Esse tipo de solo é comum em áreas úmidas e pode ser encontrado em regiões de pântanos, turfeiras e outras áreas com alta umidade. (Embrapa, 2021).



Uso e Cobertura da Terra no município de Araras/SP

Para Turner *et. al* (2007), as mudanças nos usos e ocupação da Terra são as principais fontes de implicações para a mudança ambiental global. Essas mudanças são impulsionadas pela ação antrópica tendo uma ampla importância para a estrutura e funcionamento dos ecossistemas. O desmatamento e a queima de combustíveis fósseis, assim como a irrigação foram os maiores causadores de liberação de gases do efeito estufa na era industrial.

Informações atuais e precisas sobre o uso do solo são um pré-requisito para o gerenciamento e planejamento de áreas urbanas. Dados de sensoriamento remoto por satélite são geralmente o “mapa” mais preciso e atualizado disponível dos países em desenvolvimento. Especialmente com cidades e vilas de rápido crescimento. Nos países em desenvolvimento, é praticamente o único método que pode acompanhar o crescimento urbano. Para países do terceiro mundo, o sensoriamento remoto provou sua eficácia para atualização de dados espaciais e, particularmente, para fornecer informações geoespaciais precisas e oportunas ilustrando a dinâmica do uso do solo de áreas metropolitanas. (Islam *et. al*, 2016, p. 2).

Segundo Lambin e Geist (2006), o mapeamento da cobertura terrestre, está relacionado às propriedades físicas de uma superfície, enquanto o uso da terra está relacionado às atividades desenvolvidas pelos seres humanos naquele ambiente. Este tipo de mapeamento é representado em mapas temáticos, através das classes de cobertura de terra. A mudança no uso da Terra pode ser entendida como a conversão de uma classe de cobertura em outra. Essas mudanças ocorrem geralmente devido às sazonalidades de cultivos agrícolas, ou mudanças sutis dentro de uma classe.

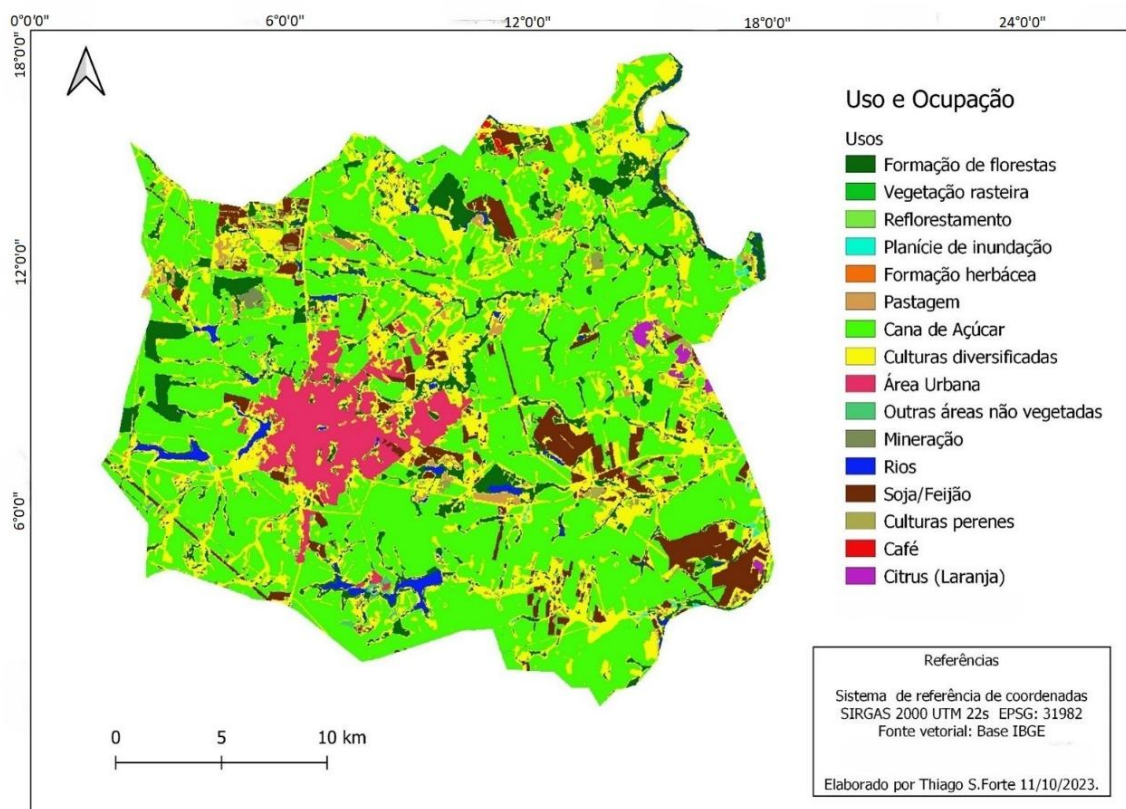
Os conceitos de uso e cobertura são distintos, entretanto, estão diretamente relacionados, ou seja, podem ocorrer mudanças na cobertura da terra, sem que haja conversão desta em uma outra classe. Essas mudanças podem ocorrer tanto por vias antrópicas (que estão diretamente relacionadas ao contexto social local), quanto por vias de processos naturais. (Diniz, 2021).

O sensoriamento remoto aplicado aos estudos ambientais, representam um novo marco nas pesquisas científicas de uso e ocupação da terra:

Sensoriamento remoto orbital é a prática de obter informações sobre a superfície da Terra por meio de imagens adquiridas do espaço, utilizando radiação eletromagnética refletida ou emitida, em uma ou mais regiões do espectro eletromagnético. O caráter sinóptico e multi temporal das imagens torna o sensoriamento remoto capaz de fornecer informações fundamentais sobre os alvos, incluindo o seu posicionamento, elevação, quantidade de biomassa, temperatura, umidade etc. Essas informações são de Extrema importância para modelos de precipitação, poluição, antropização e, vulnerabilidade a desastres, principalmente por não serem pontuais, constituindo uma fonte contínua dados sobre grandes tratos. (Zanotta *et. al*, 2019).

Através do mapeamento de uso e ocupação do município de Araras, foi possível notar o uso exacerbado para cultivo de cana-de-açúcar (figura 7), o que corrobora com os dados do SEADE (2023) sobre a produção econômica do município no setor agropecuário, que aponta que a produção sucroalcooleira correspondeu à 81,3% de todo o setor agropecuário para área.

Figura 7: Uso e Ocupação da Terra do município de Araras



Fonte: Base vetorial IBGE 2010, Imagem Cbers4A.

As atividades do agronegócio exercem pressão significativa no meio físico. No caso do município de Araras, essa exploração dos recursos naturais por meio do agronegócio (café, cana de açúcar, laranja) remonta desde o período de sua ocupação, e está atrelada aos projetos de integração do território por meio do rodoviarismo na década de 1970. Desta forma, podemos inferir junto aos resultados obtidos, com destaque para o mapa de uso e ocupação da Terra, que o município possui sérios problemas de exaustão ambiental principalmente no que tange à sua pedogenese.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades do agronegócio exercem pressão significativa no meio físico. No caso do município de Araras, essa exploração dos recursos naturais por meio do agronegócio (café, cana de açúcar, laranja) remonta desde o período de sua ocupação, e está atrelada aos projetos de integração do território por meio do rodoviarismo na década de 1970. Desta forma, podemos inferir dos resultados obtidos, com destaque para o mapa de uso e ocupação da Terra, que o município possui sérios problemas de exaustão ambiental principalmente no que tange aos aspectos pedológicos.

Com a realização desse diagnóstico o próximo passo é a integração dessas variáveis no ambiente do SIG/QGIS para elaboração do mapa de geossistemas da área, o qual será denominado de mapa síntese de paisagens. Para este propósito, será adotado o mapeamento semi-automático, realizando-se a álgebra dos dados raster dos mapas pedológico, de compartimentação geomorfológica e da litologia. Serão atribuídos pesos em suas respectivas tabelas de atributos para questões de diferenciação de entrada de dados e feições. O resultado gerado passará por correções de erros topológicos realizadas manualmente, adequações na composição das simbologias e legendas visando integrar manualmente o uso e ocupação da Terra. Após concluídos esses procedimentos será realizado trabalho de campo para validação dos dados obtidos.

Juntamente com o diagnóstico, este mapeamento pode vir para subsidiar a prefeitura municipal em ações de planejamento territorial e ambiental como instrumento de avaliação e tomadas de decisões, com intuito de mitigar os impactos causados pela atividade antrópica através de medidas efetivas, resignificando o uso do Território em sua jurisdição.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. **A depressão periférica paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácica na Bacia do Paraná**. Geomorfologia, n. 15, p. 1-15, 1969. Tradução. Disponível em: https://biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1351571_ADepressaoPerifericaPaulista.pdf. Acesso em: 19 set. 2024.
- ALMEIDA, F.F.M. 1964. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, 41: 167-263.
- AMORIM, Raul Reis. **Análise geoambiental como subsídio ao planejamento no uso e ocupação das terras da zona costeira da região Costa do Descobrimento (Bahia)**. 2011.



283 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1615488>. Acesso em: 25 jun. 2024.

BERNARDELLI, Valéria Coghi, LUPINACCI, Cenira Maria. **Diagnóstico antropogeomorfológico das vertentes do baixo curso da bacia hidrográfica do córrego do Facão - município de Araras (SP)**. REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA, v. 14, p. 711-728, 2021.

BERTALANFFY, L. v. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

CAVALCANTI, L. C. de S.; CORRÊA, A. C. de B. **Problemas de hierarquização espacial funcional na ecologia da paisagem: uma avaliação a partir da abordagem geossistêmica**. 28. ed. Florianópolis: Geosul, 2015. 20 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Büchler, 2002.

_____. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

CREPANI, E. *et al.* **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

FORTE, Thiago SILVA. **Diagnóstico ambiental e cartografia de geossistemas como subsídio ao planejamento territorial de Divisa Nova, sul de Minas Gerais**. 2021. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas/MG, 2021.

GROHMANN, C. H. 2015. **Análise Digital de Terreno: Aplicações em Geologia e Geomorfologia**. Tese de Livre-Docência. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. <http://dx.doi.org/10.11606/T.106.2019...>

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro; 2. ed. 2010. 182 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.

ISLAM, Wahedul; SARKER, Subaran Chandra. **Monitoring the Changing Pattern of Land Use in the Rangpur City Corporation Using Remote Sensing and GIS**. Journal of Geographic Information System, v. 8, n. 4, p. 24 ago. 2016.

MARQUES NETO, R.; PEREZ FILHO, A.; OLIVEIRA, T.A. **Geossistemas na bacia do Rio Verde (MG): proposta de mapeamento de sistemas ambientais físicos em escala regional**. *Geografia (Rio Claro. Impresso)*, v. 39, p. 321-335, 2014.

MARQUES NETO, R. **Paisagem e Geossistemas: Bases teórico-metodológicas da Geografia Física Aplicada**. Curitiba-PR. CRV Editora. 2021.

MARTINELLI, Marcello; PEDROTTI, Franco. A cartografia da unidade de paisagem: questões metodológicas. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Brasil, v. 14, p. 39-46, 2011. DOI: [10.7154/RDG.2001.0014.0004](https://doi.org/10.7154/RDG.2001.0014.0004). Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47311>. Acesso em: 8 ago. 2024.



MORIN, E. **O método 1: a natureza da natureza**. 2. ed. Portugal, Publicações Europa-América Lda. 1977.

PEREZ FILHO, A. Sistemas Naturais e Geografia. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; ELIAS, D. **Panorama da Geografia Brasileira**. São Paulo: Annablume, 2007. p. 333-336.

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL. **Mapa geológico do estado de São Paulo: escala 1:750.000. Breve descrição das unidades litoestratigráficas aflorantes no estado de São Paulo**. Autores responsáveis pelas descrições: AM: André Marconato, BBT: Bruno Boito Turra, EDS: Elizete Domingues Salvador, LAC: Luiz Antonio Chierigati, LZD: Liz Zanchetta D'Agostino, MMP: Mônica Mazzini Perrotta, RCL: Ricardo da Cunha Lopes. CPRM. 2006

RILLEY, S. J. *et al.* A terrain Ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. **Intermountain Journal of Sciences**. Michigan, v. 5, n. 5, p. 23-27, 1999.

RODRIGUEZ, J. M. M. *et al.* **Teoria geral dos Geossistemas o legado de V.B. Sochava: volume 1 fundamentos teóricos - metodológicos**. 2019. 174 f., Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2019. Cap. 5.

RODRIGUEZ, J. M. M. *et al.* **Geoecologia das paisagens: Uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2. ed. Fortaleza: Edições UFC, p. 17- 54, 2007.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia nº8**, São Paulo: FFLCH-USP, 1994.

ROSS, J. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: USP, v. 6, p. 17-29, 2011.

SOTCHAVA, V. B. **Introdução a Teoria dos Geossistemas**. Novosibirsk: Nauka, 1978. 319 p.

SOUZA, Jocelyn Lopes de; FERREIRA, Francisco José Fonseca. **Anomalias aerogamaespectrométricas (K, eU e eTh) da quadrícula de Araras (SP) e suas relações com processos pedogenéticos e fertilizantes fosfatados**. Revista Brasileira de Geofísica. 2005.

ZAMBARDA, W. I. M.; Silvia SELINGARDI-SAMPAIO. A Industrialização de Araras, SP: **Uma Análise das Etapas Sucessivas de Investimentos e da Relação Local/Global**. Geografia (Rio Claro), v. 26, p. 55-95, 2001.

ZANOTTA, Daniel Capella; FERREIRA, Matheus Pinheiro; ZORTEA, Maciel. **Processamento de Imagens de Satélite**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.